

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
11. August 2005 (11.08.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2005/073542 A1

(51) Internationale Patentklassifikation? **F02D 41/14**,  
41/18

(72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): FOKKELMAN, Joris  
[NL/DE]; Böhmerwaldstr. 2, 93105 Tegernheim (DE).  
KAESBAUER, Michael [DE/DE]; Strassackerweg 9,  
93073 Neutraubling (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/050424

(22) Internationales Anmeldedatum:  
1. Februar 2005 (01.02.2005)

(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE-  
SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München  
(DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2004 005 134.8 2. Februar 2004 (02.02.2004) DE

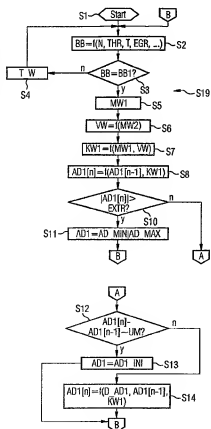
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE];  
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AI.,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,  
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR ADAPTING A MEASURED VALUE OF AN AIR MASS SENSOR

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM ADAPTIEREN EINES MESSWERTES EINES LUFTMASSSENSORS



(57) Abstract: The invention relates to a method for adapting a measured value (MW1) of an air mass sensor by determining a correction value (KW) in the event of predetermined operating conditions (BB1), namely depending on the measured value (MW1) and a comparative value (VW) which in turn depends on at least one additional measured value (MW2) of a second sensor. An adaptation value (AD1) is adapted depending on the correction value (VW), on the duration (D, AD1) since the last determination of the adaptation value (AD1) and on the change of the adaptation value (AD1) since the last adaptation of the adaptation value (AD1). Subsequently measured values (MW1) are corrected using the adaptation value (AD1).

(57) Zusammenfassung: Zum Adaptieren eines Messwertes (MW1) eines Luftmassensensors wird ein Korrekturwert (KW) ermittelt, wenn vorgegebene Betriebsbedingungen (BB1) vorliegen, und zwar abhängig von dem Messwert (MW1) und einem Vergleichswert (VW), der abhängig von mindestens einem weiteren Messwert (MW2) eines weiteren Sensors ermittelt wird. Ein Adaptionswert (AD1) wird angepasst abhängig von dem Korrekturwert (KW), von der Dauer (D, AD1) seit dem letzten Ermitteln des Adaptionswertes (AD1) und von der Änderung des Adaptionswertes (AD1) seit dem letzten Anpassen des Adaptionswertes (AD1). Nachfolgend erfasste Messwerte (MW1) werden mit dem Adaptionswert (AD1) korrigiert.

WO 2005/073542 A1



PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SI, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht

- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

## Beschreibung

### Verfahren zum Adaptieren eines Messwertes eines Luftmassensensors

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Adaptieren eines Messwertes eines Luftmassensensors. Der Luftmassensensor kann insbesondere in einer Brennkraftmaschine angeordnet sein zum Erfassen eines Luftmassenstroms in Zylinder der Brennkraftmaschine.

Derartige Luftmassensensoren erfassen den Luftmassenstrom, der in einen Sammler strömt. Der Sammler kommuniziert über Saugrohre mit den Zylindern der Brennkraftmaschine und versorgt diese mit Frischluft.

Immer strengere gesetzliche Vorschriften bezüglich der Schadstoffemissionen bei Kraftfahrzeugen machen es erforderlich, das Luft/Kraftstoff-Gemisch in den einzelnen Zylindern der Brennkraftmaschine sehr präzise einzustellen. Dazu ist es erforderlich, dass die von dem jeweiligen Zylinder angesaugte Luftmasse sehr präzise bestimmt ist. Mittels des Luftmassenmessers lässt sich die in den Sammler einströmende Luftmasse sehr präzise bestimmen. Mittels entsprechender physikalischer Modelle des Sammlers und der Saugrohre und des Ansaugverhaltens der Zylinder der Brennkraftmaschine lässt sich dann abhängig von den Messwerten des Luftmassenmessers die in die Zylinder der Brennkraftmaschine einströmende Luftmasse sehr präzise bestimmen.

Bekannte Luftmassenmesser sind regelmäßig in Form einer Wheatstone'schen Messbrücke ausgebildet, mit einem hochohmigen temperaturabhängigen Widerstand zur Kompensation der Tem-

peratur der Ansaugluft in einem Zweig und einem niederohmigen temperaturabhängigen Widerstand in dem anderen Zweig, dessen Heizleistung charakteristisch ist für die vorbeiströmende Luftmasse. Der Heizwiderstand ist in der Regel als sogenannter Heißfilmwiderstand ausgebildet. Während des Betriebs der Brennkraftmaschine lagern sich an dem Heißfilmwiderstand Schmutzpartikel und auch Öltropfen ab. Dies hat zur Folge, dass sich das Verhalten des Messwiderstands ändert.

Die Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Adaptieren eines Messwerts eines Luftmassensensors zu schaffen, das einfach ist und gleichzeitig über eine lange Betriebsdauer des Luftmassensensors präzise Messwerte des Luftmassensensors sicherstellt.

Die Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Die Erfindung zeichnet sich aus durch ein Verfahren zum Adaptieren eines Messwerts eines Luftmassensensors, bei dem ein Korrekturwert, wenn vorgegebene Betriebsbedingungen vorliegen, abhängig von dem Messwert und einem Vergleichswert ermittelt wird, der abhängig von mindestens einem weiteren Messwert eines weiteren Sensors ermittelt wird. Ein Adaptionswert wird angepasst abhängig von dem Korrekturwert, von der Dauer seit dem letzten Ermitteln des Adaptionswertes und von der Änderung des Adaptionswertes seit dem letzten Anpassen des Adaptionswertes. Nachfolgend erfasste Messwerte werden mit dem Adaptionswert korrigiert. Durch das Anpassen des Adaptionswertes abhängig von der Dauer seit dem letzten Ermitteln des Adaptionswertes kann sichergestellt werden, dass unabhängig von der Häufigkeit des Anpassens des Adaptionswer-

tes ein sehr präzises Lernen des Adaptionwertes und mithin dann letztlich Korrigieren des Messwertes erfolgen kann. Dadurch dass die Anpassung des Adaptionwertes auch abhängig ist von der Änderung des Adaptionwertes seit dem letzten Anpassen des Adaptionwertes, können zudem außergewöhnliche Veränderungen des Luftmassensensors erkannt werden und entsprechend berücksichtigt werden.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird mit steigender Dauer seit dem letzten Anpassen des Adaptionwertes der Adaptionwert stärker abhängig von dem Korrekturwert angepasst. Dadurch kann einfach berücksichtigt werden, dass bei einem weniger häufigen Anpassen des Adaptionwertes Alterungseffekte des Luftmassensensors stärker ausgeprägt sind und so durch die stärkere Anpassung abhängig von dem Korrekturwert wieder ausgeglichen werden können.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird bei einer Änderung des Adaptionwertes, die charakteristisch ist für eine unautorisierte Modifikation an dem Luftmassensensor, dem Adaptionwert ein Initialisierungswert zugeordnet. Eine derartige unautorisierte Modifikation an dem Luftmassensensor kann beispielsweise der Austausch des Luftmassensensors sein, ohne dass eine Steuereinrichtung, die die Messsignale des Luftmassensensors erfasst und weiter verarbeitet, diesbezüglich informiert ist. Dies kann beispielsweise bei einem Kraftfahrzeug durch ein Austauschen des Luftmassensensors außerhalb einer dafür autorisierten Werkstatt sein.

Eine unautorisierte Modifikation kann besonders einfach daran erkannt werden, dass eine negative Änderung des Adaptionwertes erfolgt, deren Betrag größer ist als ein vorgegebener

erster Schwellenwert, und eine Dauer seit dem letzten Ermitteln des Korrekturwertes kleiner ist als ein vorgegebener zweiter Schwellenwert. Die Dauer kann dabei besonders einfach eine Zeitdauer sein, sie kann jedoch auch abhängig von der Betriebsdauer des Luftmassensensors sein und so beispielsweise bei einer Brennkraftmaschine abhängig sein von einer bestimmten Anzahl an Fahrzyklen oder einer zwischenzeitlich zurückgelegten Fahrtstrecke sein.

Es ist ferner besonders vorteilhaft, wenn eine außergewöhnliche Verschmutzung des Luftmassensensors erkannt wird und zwar dann, wenn eine positive Änderung des Adaptionwertes, deren Betrag größer ist als ein vorgegebener dritter Schwellenwert, und eine Dauer seit dem letzten Ermitteln des Korrekturwertes, die kleiner ist als ein vorgegebener vierter Schwellenwert charakteristisch sind für eine außergewöhnliche Verschmutzung an dem Luftmassensensor. Es kann dann bei erkannter außergewöhnlicher Verschmutzung einfach eine Fehlreaktion erfolgen.

Vorteilhaft ist diese Fehlreaktion ein Hinweis auf einen Fehler, der so erfolgt, dass ein Fahrer eines Kraftfahrzeugs, in dem der Luftmassenmesser angeordnet sein kann, erkennt, dass ein Fehler vorliegt. Der Fehler kann so z.B. optisch oder akustisch angezeigt werden.

Ferner ist es vorteilhaft, wenn mindestens ein erster Korrekturwert und ein zweiter Korrekturwert ermittelt werden. Der erste Korrekturwert wird ermittelt, wenn vorgegebene erste Betriebsbedingungen vorliegen. Der zweite Korrekturwert wird ermittelt, wenn vorgegebene zweite Betriebsbedingungen vorliegen. Abhängig von dem ersten Korrekturwert wird ein erster Adaptionwert angepasst. Abhängig von dem zweiten Korrektur-

wert wird ein zweiter Adaptionwert angepasst. Nachfolgend erfasste Messwerte des Luftmassensensors werden mit einem Adaptionwert korrigiert, der abhängig von den aktuellen Betriebsbedingungen zwischen dem ersten und dem zweiten Adaptionwert interpoliert ist. Dadurch können einfach für unterschiedliche Betriebsbedingungen entsprechend angepasste Adaptionwerte ermittelt werden und zur weiteren Korrektur der Messwerte eingesetzt werden. Wenn mehr als zwei Korrekturwerte ermittelt werden, werden bei entsprechend vorgegebenen weiteren Betriebsbedingungen, werden dann auch entsprechend zusätzliche Adaptionwerte angepasst und der Adaptionwert wird dann auch durch Interpolieren zwischen den ersten, zweiten und weiteren Adaptionswerten korrigiert. So kann mit wachsender Anzahl an Adaptionswerten für unterschiedliche Betriebsbedingungen über einen sehr weiten Betriebsbereich des Luftmassensensors ein äußerst präzises Korrigieren des Messwertes des Luftmassensensors gewährleistet werden.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind im folgenden anhand der schematischen Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine Brennkraftmaschine mit einem Luftmassensensor,  
Figur 2A, 2B ein Ablaufdiagramm einer ersten Ausführungsform eines Programms zum Anpassen eines Adaptionwertes eines Luftmassensensors,

Figuren 3A und 3B ein weiteres Ablaufdiagramm einer zweiten Ausführungsform eines Programms zum Anpassen mehrerer Adaptionswerte und

Figur 4 ein Ablaufdiagramm eines Programms zum Durchführen des Adaptierens des Messwertes des Luftmassensensors.

Elemente gleicher Konstruktion und Funktion sind figurenübergreifend mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

Eine Brennkraftmaschine (Figur 1) umfasst einen Ansaugtrakt 1, einen Motorblock 2, einen Zylinderkopf 3 und einen Abgas- trakt 4. Der Ansaugtrakt umfasst vorzugsweise eine Drossel- klappe 11, ferner einen Sammler 12 und ein Saugrohr 13, das hin zu einem Zylinder Z1 über einen Einlasskanal in den Mo- torblock geführt ist. Ferner kann in den Ansaugtrakt 1, be- vorzugt im Bereich des Sammlers 12 eine Abgasrückführeinrich- tung 13A münden, welche Abgase aus dem Abgastrakt 4 zurück in den Ansaugtrakt 1 führt. Die Menge des rückgeführten Abgases ist mittels eines Abgasrückführventils 13B steuerbar. Der Mo- torblock umfasst ferner eine Kurbelwelle 21, welche über eine Pleuelstange 25 mit dem Kolben 24 des Zylinders Z1 gekoppelt ist.

Der Zylinderkopf 3 umfasst einen Ventiltrieb mit einem Ein- lassventil 30, einem Auslassventil 31 und Ventilantrieben 32, 33. Der Antrieb des Gaseinlassventils 30 und des Gasauslass- ventils 31 erfolgt dabei mittels der Nockenwelle. Der Zylin- derkopf 3 umfasst ferner ein Einspritzventil 34.

Ferner ist eine Steuereinrichtung 6 vorgesehen, die auch als Vorrichtung zum Steuern der Brennkraftmaschine bezeichnet werden kann und der Sensoren zugeordnet sind, die verschiede- ne Messgrößen erfassen und jeweils den Messwert der Messgröße ermitteln. Die Steuereinrichtung 6 ermittelt abhängig von mindestens einer der Messgrößen Stellgrößen, die dann in ein oder mehrere Stellsignale zum Steuern der Stellglieder mit- tels entsprechender Stellantriebe umgesetzt werden.

Die Sensoren sind ein Pedalstellungsgeber 71, welcher die Stellung eines Fahrpedals 7 erfasst, ein Luftmassenmesser 14, welcher einen Luftmassenstrom stromaufwärts der Drosselklappe 11 erfasst, ein Temperatursensor 15, welcher die Ansaugluft- temperatur T erfasst, ein Drucksensor 16, welcher den Saug-



rohrdruck erfasst, ein Kurbelwellenwinkelsensor 22, welcher einen Kurbelwellenwinkel erfasst und aus dem dann eine Drehzahl N ermittelt wird, ein weiterer Temperatursensor 23, welcher eine Kühlmitteltemperatur erfasst und ein Nockenwellenwinkelsensor 36a, welcher den Nockenwellenwinkel erfasst. Je nach Ausführungsform der Erfindung kann eine beliebige Unter-  
menge der genannten Sensoren oder auch zusätzliche Sensoren vorhanden sein.

Die Stellglieder sind beispielsweise die Drosselklappe 11, die Gaseinlass- und Gasauslassventile 30, 31, das Einspritzventil 34 und das Abgasrückführventil 13B.

Neben dem Zylinder Z1 kann die Brennkraftmaschine auch noch weitere Zylinder Z2-Z4 umfassen, denen dann ebenfalls entsprechende Stellglieder zugeordnet sind.

Ein Programm zum Ermitteln eines Adaptionwertes, das in der Steuereinrichtung 6 abgespeichert ist, wird beim Betrieb der Brennkraftmaschine abgearbeitet. Das Programm wird in einem Schritt S1 (Figur 2A) gestartet, in dem gegebenenfalls Variablen initialisiert werden. Der Start erfolgt vorzugsweise kurz nach dem Beginn des Motorstarts.

In einem Schritt S2 werden aktuelle Betriebsbedingungen BB ermittelt. Dies erfolgt bevorzugt abhängig von der Drehzahl N, dem Drosselverlauf THR, der Ansauglufttemperatur T und der Abgasrückführrate EGR und gegebenenfalls auch noch abhängig von weiteren Größen oder auch nur abhängig von einem Teil der genannten Größen.

In einem Schritt S3 wird geprüft, ob die aktuellen Betriebsbedingungen BB gleich sind vorgegebenen ersten Betriebsbedingungen BB1. Die vorgegebenen ersten Betriebsbedingungen BB1 können beispielsweise sein, dass die Drehzahl N einen Wert

von z.B. 1.000 Umdrehungen hat und der Drosselverlauf, die Temperatur T und die Abgasrückführrate vorgegebene, möglichst konstante, Werte einnehmen.

Ist die Bedingung des Schrittes S3 nicht erfüllt, so wird die Bearbeitung in einem Schritt S4 fortgesetzt, in dem das Programm für eine vorgegebene Wartezeitdauer T<sub>W</sub> verharret, bevor erneut die Bearbeitung in dem Schritt S2 fortgesetzt wird. Ist die Bedingung des Schrittes S3 hingegen erfüllt, so wird in einem Schritt S5 ein erster Messwert MW1 ermittelt. Der erste Messwert MW1 ist bevorzugt der Messwert des Luftmassensensors 14.

In einem Schritt S6 wird ein Vergleichswert VW ermittelt und zwar abhängig von mindestens einem zweiten Messwert MW2 eines weiteren Sensors, so z.B. des Saugrohrdrucksensors 16. Abhängig von dem zweiten Messwert MW2 wird dann der Vergleichswert, beispielsweise mittels eines physikalischen Modells ermittelt, also bevorzugt ein Vergleichswert des Luftmassenstroms ermittelt.

In einem Schritt S7 wird ein erster Korrekturwert KW1 abhängig von dem ersten Messwert MW1 und dem Vergleichswert VW ermittelt. Dies kann beispielsweise erfolgen durch Bilden der Differenz, des Vergleichswertes VW und des ersten Messwertes MW1.

In einem Schritt S8 wird ein erster Adaptionswert AD1 ermittelt. Ein [n] bezeichnet dabei den aktuell berechneten Wert und ein [n-1] bedeutet ein bei der vorangegangenen Anpassung ermittelter Wert. Der aktuelle erste Adaptionswert AD1 wird dann abhängig von dem vorangegangenen ersten Adaptionswert AD1 und dem ersten Korrekturwert KW1 ermittelt. Dies erfolgt

bevorzugt mittels eines Filters erster Ordnung. Es kann jedoch auch mittels eines Filters höherer Ordnung oder auf andere dem Fachmann für derartige Adaptionen bekannte Art und Weise erfolgen.

In einem schritt S10 wird geprüft, ob der erste Adaptionswert AD1, der aktuell ermittelt wurde, bezüglich seines Betrags größer ist als ein vorgegebener Extremwert EXTR. Der Extremwert ist so vorgegeben, dass bei Überschreiten des Extremwertes davon ausgegangen werden kann, dass ein derartiges Überschreiten aufgrund der Eigenschaften des Luftmassensensors und der Signalverarbeitung nicht möglich ist und somit eine Begrenzung auf diesen Wert erfolgen muss. Beispielsweise kann der Extremwert EXTR 10 bis 20 % des ermittelten Vergleichswertes betragen.

Ist die Bedingung des Schrittes S10 erfüllt, so wird in einem Schritt S11 der erste Adaptionswert AD1 je nach seinem Vorzeichen auf einen Minimalwert AD\_MIN oder einen Maximalwert AD\_MAX begrenzt.

Ist die Bedingung des Schrittes S10 hingegen nicht erfüllt, so wird in einem Schritt S12 (Figur 2B) geprüft, ob die Änderung des ersten Adaptionswertes AD1, die mittels der Differenzbildung aus dem aktuellen und dem vorangegangenen ersten Adaptionswert AD1 ermittelt wird, charakteristisch ist für eine unautorisierte Modifikation an dem Luftmassensensor. Die Änderung des ersten Adaptionswertes AD1 ist beispielsweise dann charakteristisch für die unautorisierte Modifikation UM, wenn sie ein von dem jeweiligen Luftmassensensor abhängiges Vorzeichen hat und ihr Betrag einen Luftmassensensorabhängigen Wert überschreitet und gleichzeitig die Dauer seit der vorangegangenen Adaption einen vorgebbaren Wert unterschreitet.

tet. Eine derartige unautorisierte Modifikation kann beispielsweise bei einem Luftmassenmesser darin bestehen, dass der als Heißfilmwiderstand ausgebildete Heizwiderstand gereinigt wurde, diese Information der Steuereinrichtung 6 jedoch nicht verfügbar ist. Ist die Bedingung des Schrittes S12 erfüllt, so wird in einem Schritt S13 der erste Adaptionwert AD1 mit einem Initialisierungswert AD1\_INI für den ersten Adaptionwert AD1 belegt. Dieser Initialisierungswert AD1\_INI kann beispielsweise null betragen.

Ist die Bedingung des Schrittes S12 hingegen nicht erfüllt, so wird in einem Schritt S14 der erste Adaptionwert AD1 erneut ermittelt und zwar abhängig von der Dauer D\_AD1 seit der letzten gültigen Anpassung des ersten Adaptionwertes AD1, dem vorangegangenen ersten Adaptionwertes AD1, also nicht des in dem Schritt S8 bei dem aktuellen Berechnungsdurchlauf des Programms ermittelten ersten Adaptionwertes AD1, und des Korrekturwertes KW1 ermittelt. Dabei kann berücksichtigt werden, dass mit steigender Dauer D\_AD1 seit der letzten gültigen Anpassung des ersten Adaptionwertes AD1, insbesondere dann wenn der Korrekturwert KW1 einen vorgegebenen Wert überschreitet, der Korrekturwert KW1 stärker eingeht in die Anpassung des ersten Adaptionwertes AD1. Dadurch kann einfach berücksichtigt werden, dass bei seltenem Erreichen des Betriebspunktes zu dem die vorgegebenen ersten Betriebsbedingungen BB1 erfüllt sind, dennoch dann, wenn die Anpassung des ersten Adaptionwertes AD1 durchgeführt wird, eine entsprechend starke Anpassung des ersten Adaptionwertes AD1 erfolgt und somit eine Verringerung eines eventuellen Fehlers bei der Ermittlung des Messwertes und zwar des korrigierten Messwertes MW\_KOR.

Im Anschluss an den Schritt S14 wird die Bearbeitung in dem Schritt S2 fortgesetzt.

Eine zweite Ausführungsform des Programms zum Anpassen von Adaptionswerten ist im folgenden anhand der Figuren 3A und 3B und den dort dargestellten Ablaufdiagrammen beschrieben. Es werden im Folgenden nur die Unterschiede zu dem Programm gemäß der Figuren 2A und 2B beschrieben.

Das Programm wird in einem Schritt S16 gestartet, in dem gegebenenfalls Variablen initialisiert werden. In einem Schritt S18 werden die aktuellen Betriebsbedingungen entsprechend dem Schritt S2 ermittelt. In einem Schritt S20 wird anschließend geprüft, ob die aktuellen Betriebsbedingungen BB gleich sind den vorgegebenen ersten Betriebsbedingungen BB1, die beispielsweise im wesentlichen bestimmt sein können durch die Drehzahl und z.B. bezüglich der Drehzahl erfüllt sein können, wenn diese einen Wert von etwa 1000 Umdrehungen hat.

Ist die Bedingung des Schrittes S20 erfüllt, so wird in einem Schritt S22 der erste Messwert MW1 des Luftmassensensors 14 ermittelt. In einem Schritt S24 wird anschließend der Vergleichswert VW ermittelt und zwar abhängig von dem zweiten Messwert MW2 mindestens eines weiteren Sensors. Dieser weitere Sensor ist bevorzugt der Saugrohrdrucksensor 16 und dementsprechend ein von diesem erfasster Messwert des Saugrohrdrucks. Er kann zusätzlich oder alternativ beispielsweise auch der Kurbelwellenwinkelsensor, der die Drehzahl N der Kurbelwelle erfasst und/oder ein Sensor, der den Drosselverlauf THR der Drosselklappe 11 erfasst. Mittels eines entsprechenden Modells wird dann aus diesen zweiten Messwerten MW2 der Vergleichswert VW ermittelt.

In einem Schritt S26 wird anschließend der erste Korrekturwert KW1 abhängig von dem ersten Messwert MW1 und dem Vergleichswert ermittelt. Der Vergleichswert VW wird dabei vorzugsweise als der Referenzwert, also als der richtige Wert betrachtet. So wird in dem Schritt S26 der erste Korrekturwert KW1 bevorzugt aus der Differenz des Vergleichswertes VW und des ersten Messwertes MW1 ermittelt.

In einem Schritt S28 wird anschließend ein aktueller erster Adaptionswert AD1 ermittelt, abhängig von dem vorangegangenen ersten Adaptionswert AD1 und dem Korrekturwert KW1. Dies erfolgt entsprechend dem Schritt S8 bevorzugt mittels eines Filters erster Ordnung. Es kann jedoch auch mittels eines Filters höherer Ordnung erfolgen.

In einem Schritt S30 wird geprüft, ob der Betrag des ersten Adaptionswertes und zwar des aktuellen ersten Adaptionswertes größer ist als der Extremwert EXTR. Dies erfolgt entsprechend dem Schritt S10. Ist die Bedingung des Schrittes S30 erfüllt, so wird die Bearbeitung in einem Schritt S32 fortgesetzt, der dem Schritt S11 entspricht.

Im Anschluss an den Schritt S32 wird die Bearbeitung des Programms in einem Schritt S18 fortgesetzt.

Ist die Bedingung des Schrittes S30 nicht erfüllt, so wird in einem Schritt S38 ein Wert ermittelt, der charakteristisch ist für die unautorisierte Modifikation UM an dem Luftmassensensor, bevorzugt dem Luftmassenmesser 14. Dies erfolgt bevorzugt abhängig von dem aktuellen ersten Adaptionswert AD1, dem vorangegangenen ersten Adaptionswert AD1, einem ersten Schwellenwert SW1, der Dauer D\_AD1 seit der letzten gültigen Anpassung des ersten Adaptionswertes AD1 und einem zweiten

Schwellenwert SW2. Dabei ist die unautorisierte Modifikation UM an dem Luftmassensensor 14, dann gegeben, wenn die Differenz des aktuellen und des vorangegangenen ersten Adaptionswertes AD1, d.h. dessen Änderung, größer ist als der vorgegebene erste Schwellenwert SW1 und gleichzeitig die Dauer D\_AD1 seit der letzten gültigen Anpassung des ersten Adaptionswertes AD1 kleiner ist als der vorgegebene zweite Schwellenwert SW2.

In einem Schritt S40 wird anschließend geprüft, ob eine unautorisierte Modifikation UM an dem Luftmassensensor vorliegt. Ist dies der Fall, so wird in dem Schritt S42 der aktuelle erste Adaptionswert gleichgesetzt dem Initialisierungswert AD1\_INI des ersten Adaptionswertes AD1 und zwar mittels des Initialisierungswertes AD1\_INI des ersten Adaptionswertes AD1. Darüber hinaus wird in dem Schritt S42 auch noch ein aktueller zweiter Adaptionswert AD2 mit einem Initialisierungswert AD2\_INI des zweiten Adaptionswertes AD2 initialisiert. Dadurch wird dann sichergestellt, dass alle Adaptionswerte AD1, AD2 in erneuten Berechnungszyklen unbelastet von den vorangegangenen Berechnungszyklen ermittelten Adaptionswerten AD1, AD2 erneut angepasst werden können und so dem Umstand Rechnung getragen wird, dass der Luftmassensensor modifiziert wurde, z.B. ausgetauscht wurde.

In einem Schritt S44 wird, wenn die Bedingung des Schrittes S40 nicht erfüllt ist, gegebenenfalls erneut der erste Adaptionswert AD1 ermittelt und zwar entsprechend zu dem Schritt S14.

In einem Schritt S46 wird dann geprüft, ob die Differenz des aktuellen Adaptionswertes AD1 und des vorangegangenen ersten Adaptionswertes AD1 größer ist als ein dritter Schwellenwert

und gleichzeitig die Dauer D\_AD1 seit der letzten Anpassung des ersten Adaptionwertes AD1 kleiner ist als ein vorgegebener vierter Schwellenwert SW4. Ist die Bedingung des Schrittes S46 nicht erfüllt, so wird die Bearbeitung gegebenenfalls nach der vorgegebenen Wartezeitdauer T\_W in dem Schritt S18 fortgesetzt.

Ist die Bedingung des Schrittes S46 jedoch erfüllt, so liegt ein Fehler vor und die Bearbeitung wird in einem Schritt S48 fortgesetzt. Auf den Fehler wird gegebenenfalls erst nach mehrfachem Erfülltsein der Bedingung des Schrittes S46 bei aufeinanderfolgenden Berechnungsdurchläufen erkannt und es erfolgt dann eine Fehlreaktion, die beispielsweise darin bestehen kann, dass eine Fehlerindikationslampe MIL, die auch als malfunction indication lamp bezeichnet ist, dem Fahrer eines Kraftfahrzeugs, in dem der Luftmassenmesser angeordnet ist, einen Fehler signalisiert. Anschließend wird die Bearbeitung, gegebenenfalls nach der vorgegebenen Wartezeitdauer TW, erneut in dem Schritt S18 fortgesetzt.

Ist die Bedingung des Schrittes S20 hingegen nicht erfüllt, d.h. die aktuellen Betriebsbedingungen BB entsprechen nicht den vorgegebenen ersten Betriebsbedingungen BB1, so wird in einem Schritt S50 geprüft, ob die aktuellen Betriebsbedingungen BB vorgegebenen zweiten Betriebsbedingungen BB2 entsprechen. Die vorgegebenen zweiten Betriebsbedingungen BB2 hängen beispielsweise maßgeblich ab von der Drehzahl N und sind diesbezüglich z.B. erfüllt, wenn die Drehzahl in etwa den Wert 3000 Umdrehungen hat.

Falls die Bedingung des Schrittes S50 nicht erfüllt ist, so wird die Bearbeitung in dem Schritt S34 fortgesetzt. Ist die Bedingung des Schrittes S50 hingegen erfüllt, so wird in ei-



dem Schritt S52 der erste Messwert MW1 des Luftmassensensors 14 erfasst.

In einem Schritt S54 wird anschließend der zweite Messwert MW2 des weiteren Sensors, also bevorzugt des Saugrohrdruck-sensors 16 und beispielsweise des Kurbelwellensensors 22 erfasst und dann abhängig von diesem oder diesen zweiten Messwerten MW2 der Vergleichswert VW ermittelt. Dies erfolgt entsprechend dem Schritt S24 und dem Schritt S6.

In einem Schritt S56 wird anschließend ein zweiter Korrekturwert KW2 abhängig von dem in dem Schritt S52 ermittelten ersten Messwert MW1 und dem Vergleichswert VW ermittelt. Dies erfolgt entsprechend der Schritte S26 und S7 durch Differenzbildung.

In einem Schritt S58 wird der zweite Adaptionswert AD2 angepasst und zwar abhängig von dem bei einer vorangegangenen Anpassung angepassten zweiten Adaptionswert AD2 und dem zweiten Korrekturwert KW2. Dies erfolgt dann auch entsprechend dem Schritt S28.

Anschließend erfolgt die Abarbeitung eines Schrittes S59, der den Schritten S32 bis S48 angepasst für die Ermittlung des zweiten Adaptionswertes AD2 entspricht, wobei dann entsprechend, z.B. die Dauer D\_AD1 seit der letzten gültigen Anpassung des ersten Adaptionswertes AD1 durch eine Dauer D\_AD2 der Dauer seit der letzten gültigen Anpassung des zweiten Adaptionswertes AD2, der erste Korrekturwert KW1 durch den zweiten Korrekturwert KW2 ersetzt sind. Darüber hinaus kann das Programm auch entsprechend angepasst sein für das Anpassen weiterer Adaptionswerte, bei dem Vorliegen dritter, vierter und weiterer vorgegebener Betriebsbedingungen. Das Pro-

gramm gemäß der Figuren 3A, 3B kann jedoch auch entsprechend angepasst sein für lediglich des Ermitteln des ersten Adaptionwertes AD1.

In Figur 4 ist ein Ablaufdiagramm eines Programms dargestellt, mittels dessen die Messwerte MW1 des Luftmassensensors 14 korrigiert werden. Das Programm wird in einem Schritt S60 gestartet.

In einem Schritt S62 werden die aktuellen Betriebsbedingungen BB ermittelt und zwar entsprechend dem Schritt S18. Gegebenenfalls können die aktuellen Betriebsbedingungen in dem Schritt S62 auch nur abhängig von einer oder mehreren maßgeblichen Messgrößen ermittelt werden, so z.B. lediglich abhängig von der Drehzahl N. In einem Schritt S66 wird dann der aktuelle Adaptionwert AD abhängig von den in dem Schritt S62 ermittelten Betriebsbedingungen BB und entsprechend Interpolation zwischen dem oder den ermittelten Adaptionswerten AD1, AD2 und gegebenenfalls weiteren Größen ermittelt.

In einem Schritt S66 wird dann der erste Messwert MW1 ermittelt. In einem Schritt S68 wird anschließend ein korrigierter erster Messwert MW\_KOR durch Summieren des ersten Messwertes MW1 und des aktuellen Adaptionwertes AD ermittelt. Anschließend verharret das Programm für eine vorgegebene Wartezeitdauer T\_W in dem Schritt S70 bevor die Bearbeitung erneut in dem Schritt S62 fortgesetzt wird.

Der oder die Adaptionswerte werden grundsätzlich gespeichert und stehen so bei einem erneuten Start des Programms wieder zur Verfügung.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Adaptieren eines Messwertes (MW1) eines Luftmassensensors (14), bei dem
  - ein Korrekturwert (KW1, KW2), wenn vorgegebene Betriebsbedingungen (BB1, BB2) vorliegen, abhängig von dem Messwert (MW1) und einem Vergleichswert (VW) ermittelt wird, der abhängig von mindestens einem weiteren Messwert (MW2) eines weiteren Sensors ermittelt wird,
  - ein Adaptionwert (AD1, AD2) überprüft und angepasst wird abhängig von dem Korrekturwert (KW1, KW2), von der Dauer (D\_AD1, D\_AD2) seit dem letzten Anpassen des Adaptionwertes (AD1, AD2) und von der Änderung des Adaptionwertes (AD1, AD2) seit dem letzten Anpassen des Adaptionwertes (AD1, AD2) und
  - nachfolgend erfasste Messwerte (MW1) mit dem Adaptionwert (AD1, AD2) korrigiert werden.
2. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem mit steigender Dauer (D\_AD1, D\_AD2) seit dem letzten Anpassen des Adaptionwertes (AD1, AD2) der Adaptionwert (AD1, AD2) stärker abhängig von dem Korrekturwert (KW1, KW2) angepasst wird.
3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem bei einer Änderung des Adaptionwertes (AD1, AD2), die charakteristisch ist für eine unautorisierte Modifikation (UM) an dem Luftmassensensor (14), dem Adaptionwert (AD1, AD2) ein Initialisierungswert (AD1\_INI) zugeordnet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3,

bei dem eine negative Änderung des Adaptionswertes (AD1, AD2), deren Betrag größer ist als ein vorgegebener erster Schwellenwert (SW1), und eine Dauer (D\_AD2, D\_AD1) seit dem letzten Ermitteln des Korrekturwertes (KW1, KW2), die kleiner ist als ein vorgegebener zweiter Schwellenwert (SW2), charakteristisch sind für die unautorisierte Modifikation (UM) an dem Luftmassensensor (14).

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem eine positive Änderung des Adaptionswertes (AD1, AD2) deren Betrag größer ist als ein vorgegebener dritter Schwellenwert (SW3), und eine Dauer (D\_AD1, D\_AD2) seit dem letzten Ermitteln des Korrekturwertes (KW, KW1, KW2), die kleiner ist als ein vorgegebener vierter Schwellenwert (SW4), charakteristisch sind für eine außergewöhnliche Verschmutzung an dem Luftmassensensor (14), und bei dem bei erkannter außergewöhnlicher Verschmutzung eine Fehlreaktion erfolgt.
6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem die Fehlreaktion ein Hinweis auf einen Fehler ist, der so erfolgt, dass ein Fahrer eines Kraftfahrzeugs, in dem der Luftmassensensor (14) angeordnet sein kann, erkennt, dass ein Fehler vorliegt.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem mindestens ein erster Korrekturwert (KW1) und ein zweiter Korrekturwert (KW2) ermittelt werden, wobei der erste Korrekturwert (KW1) ermittelt wird, wenn vorgegebene erste Betriebsbedingungen (BB1) vorliegen, und der zweite Korrekturwert (KW2) ermittelt wird, wenn vorgegebene zweite Betriebsbedingungen (BB2) vorliegen, und bei dem abhängig von dem ersten Korrekturwert (KW1) ein erster Adapti-

onswert (AD1) überprüft und angepasst wird und abhängig von dem zweiten Korrekturwert (KW2) ein zweiter Adaptionswert (AD2) überprüft und angepasst wird und nachfolgend erfasste Messwerte (MW1) des Luftmassensensors (14) mit einem abhängig von den aktuellen Betriebsbedingungen (BB) zwischen dem mindestens ersten und zweiten Adaptionswert (AD1, AD2) interpolierten Adaptionswert (AD) korrigiert werden.

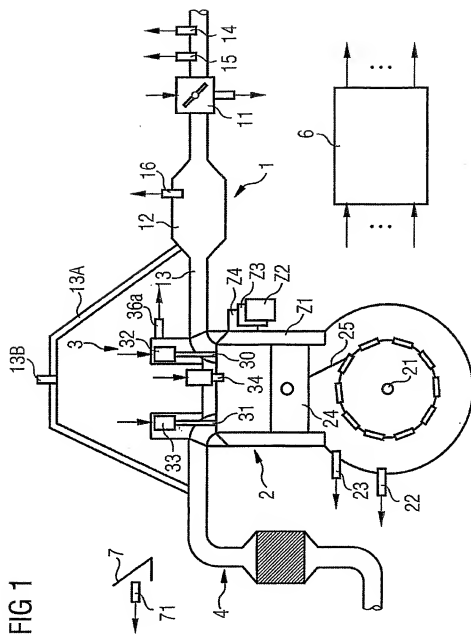


FIG 2A

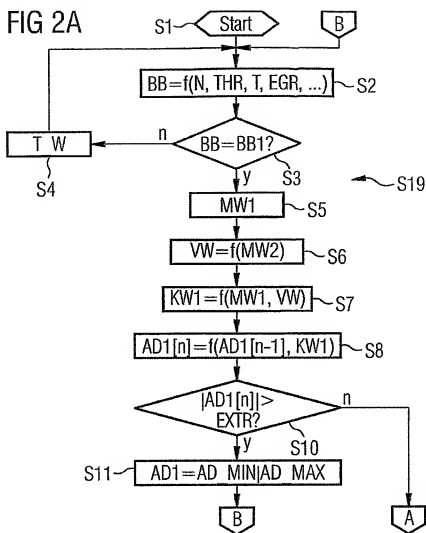


FIG 2B

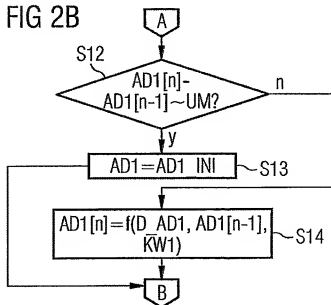


FIG 3A

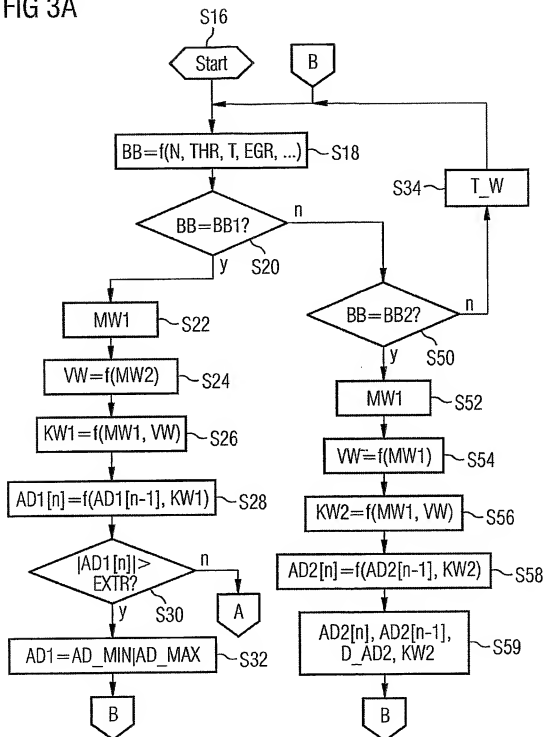




FIG 3B

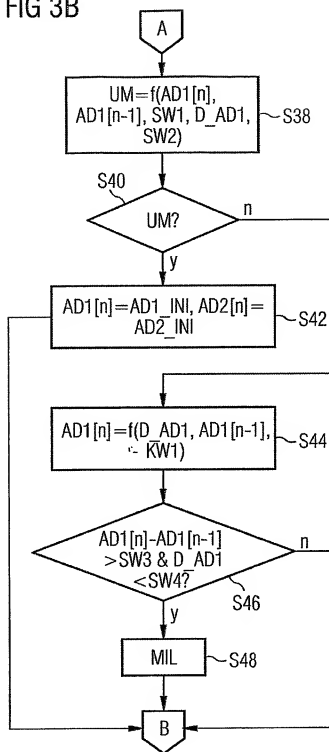


FIG 4

